

Moduł 2

Wymiarowanie i oznaczanie stanu powierzchni

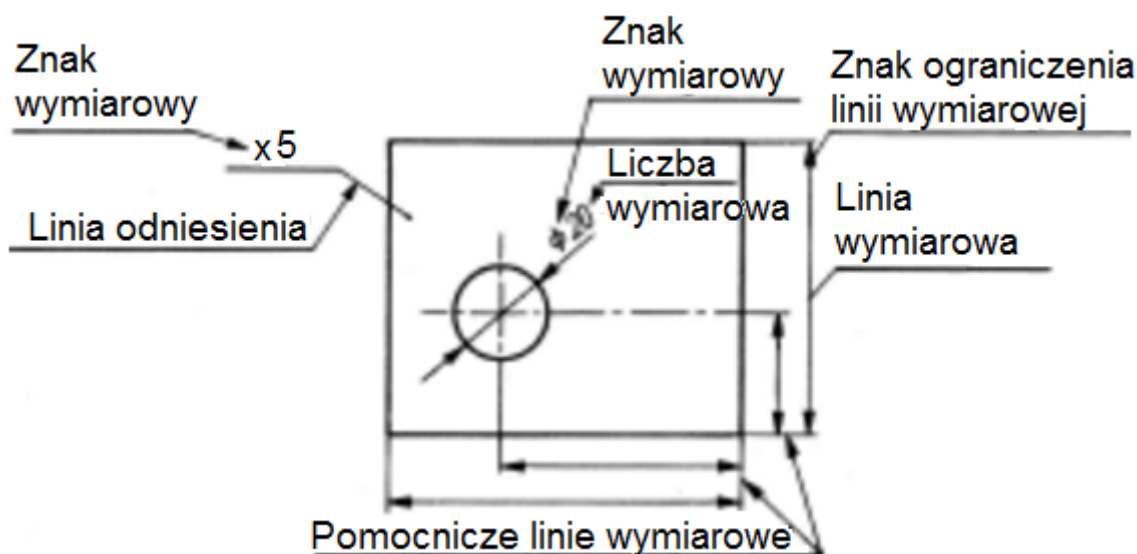
1. Części składowe wymiaru (PN-ISO 129:1996)
2. Zasady wymiarowania (PN-ISO 129:1996)
3. Rodzaje wymiarowania (szeregowo, równoległe, mieszane)
4. Zasady wymiarowania promieni i średnic (PN-ISO 129:1996)
5. Zasada wymiarowania kul, kwadratów i sześciokątów foremnych (PN-ISO 129:1996)
6. Zasady wymiarowania ściąg, stożków i klinów (PN-ISO 129:1996)
7. Podstawowe parametry chropowatości i falistości (Ra, Rz, Rt, Wt)
8. Części składowe oznaczenia chropowatości (PN-EN ISO 1302:2004)
9. Umieszczanie oznaczeń chropowatości na rysunku (PN-EN ISO 1302:2004)

1. Części składowe wymiaru (PN-ISO 129:1996)

Wymiar rysunkowy – wartość liczbowa wyrażona w określonych jednostkach, której formę graficzną stanowi zespół linii, znaków i liczb. Części składowe wymiaru obejmują:

- linię wymiarową, zakończoną znakami ograniczenia linii wymiarowej,
- pomocniczych linii wymiarowych,
- znak wymiarowy.

Niekiedy znak wymiarowy może być umieszczany na linii odniesienia (rys. 2.1). Wszystkie elementy wymiaru są rysowane linią cienką ciągłą.



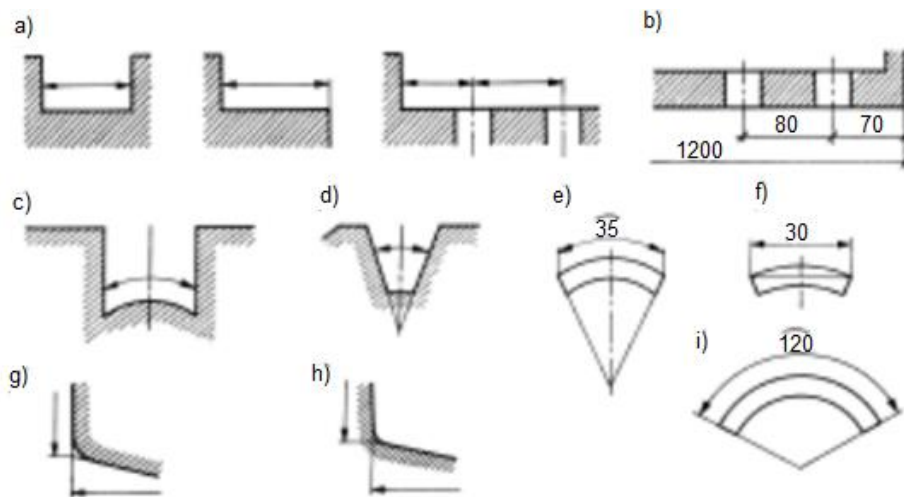
Rys. 2.1 Części składowe wymiaru

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf>

Linie wymiarowe powinny być umieszczane w odległości nie mniejszej niż 10 mm od linii zarysu przedmiotu i 7 mm od każdej kolejnej równoległej linii wymiarowej.

W zależności od usytuowania na przedmiocie rozróżnia się następujące **typy wymiaru**:

- 1) wewnętrzny – jeśli między granicznymi pomocniczymi liniami wymiarowymi znajduje się powietrze, a na zewnątrz tych linii materiał (rys. 2.2a, c, d); przykładem wymiaru wewnętrznego może być średnica otworu, szerokość rowka,
- 2) zewnętrzny – jeśli między granicznymi pomocniczymi liniami wymiarowymi znajduje się materiał, a na zewnątrz tych linii powietrze (rys. 2.2e, f, i); przykładem wymiaru zewnętrznego może być: długość, szerokość lub wysokość przedmiotu, średnica wałka, grubość ścianki przedmiotu wydrążonego,
- 3) mieszany – jeśli pomiędzy granicznymi pomocniczymi liniami wymiarowymi znajduje się materiał, zaś na zewnątrz tych linii z jednej strony powietrze, a z drugiej materiał (rys. 2.2a, b); przykładem wymiaru mieszanego może być głębokość rowka, wysokość nadlewka,
- 4) pośredni – jeśli wymiar dotyczy położenia osi symetrii lub wymiarów tworów teoretycznych – abstrakcyjnych (rys. 2.2a, b, g, h); przykładem wymiaru pośredniego może być odległość osi otworu od ściany przedmiotu, rozstawienie otworów.



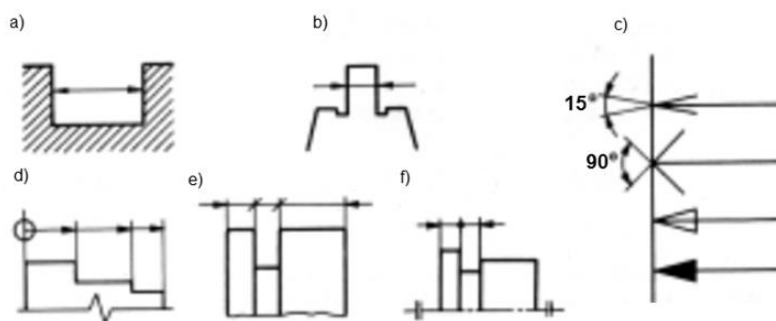
Rys. 2.2 Typy wymiarów

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf>

Ze względu na żadaną dokładność wykonania wymiary można podzielić na:

- swobodne, tj. takie, których rzeczywista wartość nie odgrywa większej roli; dla wymiarów takich nie podaje się tolerancji,
- tolerowane, których rzeczywista wartość musi się zawierać w określonych granicach,
- teoretyczne, dla których nie przewiduje się żadnych odchyłek; są to zwykle wymiary potrzebne do obliczania wymiarów narzędzi, sprawdzianów lub uchwytów.

Linie wymiarowe mogą być zakończone znakami ograniczenia: strzałkami wewnętrznymi (rys. 2.3a), strzałkami zewnętrznymi (rys. 2.3b). Kształt grota strzałki przedstawia rys. 3c. Początek linii wymiarowej może być pokazany jak na rys. 2.3d. Linie wymiarowe mogą być też zakończone ukośnymi kreskami (rys. 2.3e) lub kropkami (rys. 2.3f).



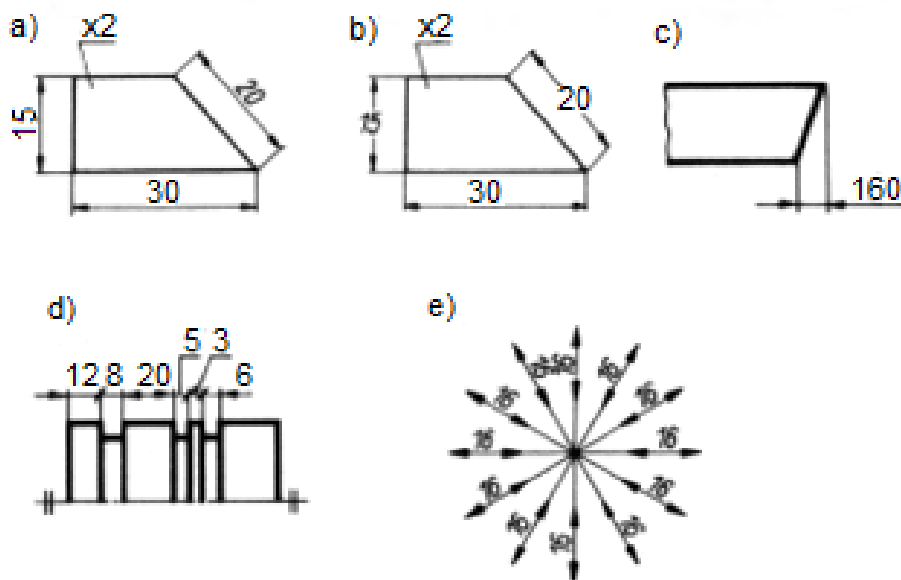
Rys. 2.3 Znaki ograniczenia linii wymiarowych

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf>

Pomocnicze linie wymiarowe są przedłużeniami linii zarysu lub krawędzi rysowanego przedmiotu lub są styczne do tych linii.

Liczby wymiarowe wyrażają długości wymiarów w milimetrach z pominięciem przy liczbie skrótu mm. Wartości kątów podawane są w stopniach, minutach kątowych i sekundach kątowych. Liczby umieszcza się nad liniami wymiarowymi (metoda 1 - rys. 2.4a) lub pośrodku linii wymiarowej (metoda 2 - rys. 2.4b.). W przypadku krótkiej linii wymiarowej, liczby mogą być też umieszczane na przedłużeniu linii wymiarowej

(rys. 2.4c) lub nad liniami odniesienia (rys. 2.4d) Położenie tekstu wymiaru zależy od kierunku położenia linii wymiarowej, co obrazuje tzw. koło wymiarów (rys. 2.4e). Zazwyczaj liczby wymiarowe podaje się w taki sposób, aby można je było odczytać patrząc od dołu i od prawej strony rysunku.



Rys. 2.4 Umieszczanie liczb wymiarowych

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf> oraz http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

Podczas podawania wartości liczbowych wymiarów są wykorzystywane różne znaki wymiarowe pokazane w tabeli 2.1. Oznaczenia te są umieszczane w tekście wymiaru, przed wartością wymiaru. Najczęściej są wykorzystywane znaki średnicy \varnothing i promienia R. Kąt w nazwie n-kąt dotyczy n-kąta foremnego, najczęściej sześciokąta.

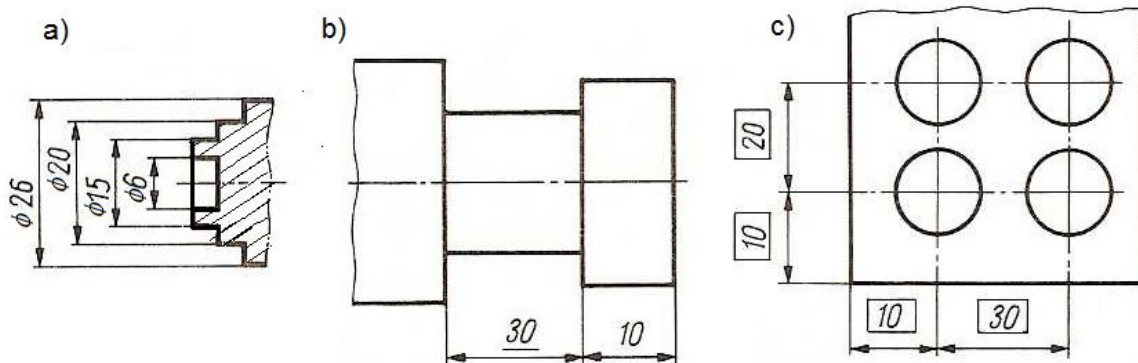
Znak wymiarowy	Opis znaku	Przykład wymiaru
\frown	długość łuku	$\widehat{35}$
R	promień	R25
\varnothing	średnica	$\varnothing 40$
SR	promień kuli	SR20
S \varnothing	średnica kuli	S \varnothing 25
\square	kwadrat	$\square 19$
\angle	pochylenie powierzchni	$\angle 1:10$
\triangleright	zbieżność powierzchni	$\triangleright 1:10$
x	grubość przedmiotu przedstawionego w głównym rzucie	x4
$\circ \rightarrow$	długość rozwinięcia	$\circ \rightarrow 150$
\angle	kąt w nazwie n-kąt	6 \angle 19

Tabela 2.1. Znaki wymiarowe

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf>

Zasady dotyczące liczb wymiarowych:

- wymiary nominalne są pisane pismem o wysokości min. 3.5 mm,
- ułamki zwyczajne i odchyłki graniczne są pisane pismem o jeden stopień mniejszym (lecz nie mniej niż 2.5 mm),
- na dużych rysunkach poglądowych wysokość cyfr przyjmuje się odpowiednio do grubości linii rysunkowych,
- na wszystkich rysunkach wykonanych na jednym arkuszu i w jednakowej podziałce liczby wymiarowe powinny mieć jednakową wysokość, niezależnie od wielkości rzutów i wartości wymiarów,
- na rysunkach wykonanych elektronicznie wymiary powinny być wprowadzane na tej samej warstwie na wszystkich skojarzonych rysunkach,
- liczby wymiarowe są pisane nad liniami wymiarowymi w odległości 0.5-1.5 mm od nich, mniej więcej na środku,
- należy unikać umieszczania liczb wymiarowych jedna nad drugą, stosuje się często przestawianie liczb wymiarowych (rys. 2.5a),
- gdy liczba wymiarowa nie odpowiada podziałce rysunkowej, to tę liczbą należy na rysunku podkreślić (rys. 2.5b),
- wymiary nominalne, których na rysunkach nie toleruje się, ujmuje się w ramki prostokątne (rys. 2.5c).



Rys. 2.5 Umieszczanie liczb wymiarowych

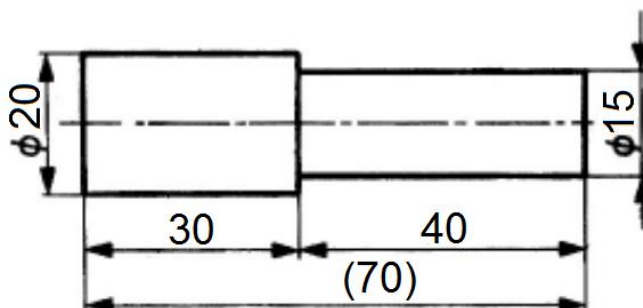
- a) przestawianie liczb na liniach wymiarowych, b) podkreślenie liczby nie odpowiadającej podziałce rysunkowej, c) nie tolerowane wymiary nominalne

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf>

2. Zasady wymiarowania (PN-ISO 129:1996)

W procesie wymiarowania niezwykle istotne jest pojęcie łańcucha wymiarowego.

Łańcuch wymiarowy jest to zespół wymiarów (ogniw łańcucha) określających położenie elementów geometrycznych przedmiotu, tworzących wraz z wymiarem wypadkowym obwód zamknięty. Na rys. 2.6 taki łańcuch wymiarowy tworzą wymiary liniowe 30 i 40, a wymiar wypadkowy jest podany w nawiasie (70).



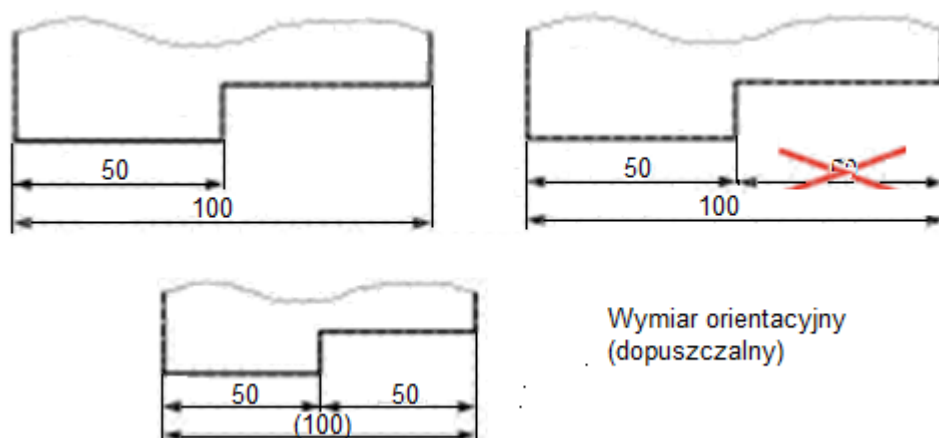
Rys. 2.6 Przykład łańcucha wymiarowego

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf>

W rysunku technicznym obowiązują następujące zasady wymiarowania:

1. **Zasada wymiarów koniecznych** - Na rysunku muszą być umieszczone wszystkie wymiary konieczne do wykonania obiektu. Innych wymiarów nie wolno podawać. Przy wyborze rzutu i miejsca na nim, w którym konieczny wymiar ma być podany, należy kierować się przede wszystkim przesłankami technologicznymi. Dlatego każdy wymiar powinien być umieszczony na tym rzucie i w tym miejscu, w którym jest on najbardziej potrzebny ze względu na przewidywany przebieg wykonywania przedmiotu. W zależności od rodzaju rysunku i jego przeznaczenia wymiarami koniecznymi mogą być często inne wymiary (np. w rysunkach wykonawczych odlewów, odkuwek, rysunkach operacyjnych i zabiegowych itp.).

2. **Zasada niepowtarzania wymiarów** - Na rysunku należy podawać tylko tyle wymiarów i takich, które są niezbędne do jednoznacznego określenia wymiarowanego przedmiotu. Wymiar umieszczony na jednym z rzutów obiektu nie może być powtórzony na innym rzucie. Dotyczy to także przypadku, gdy rzuty znajdują się na różnych arkuszach rysunkowych oraz gdy przedmiot jest narysowany na jednym czy na kilku rysunkach, jako odrębna część w zespole.
3. **Zasada pomijania wymiarów oczywistych** – Nie wolno umieszczać na rysunkach wymiarów oczywistych, które mogą być ustalone w sposób jednoznaczny, bez dokonywania jakichkolwiek obliczeń
 Nie podaje się informacji o średnicy okręgu wyznaczającego łuk styczny do dwóch prostych równoległych o podanej odległości. Nie podaje się informacji, że kąt między krawędziami wynosi 0° lub 90° między liniami poziomymi i poziomymi na rysunku. Wyjątkiem może być konieczność tolerowania kąta, wówczas musi być on podany wraz z tolerancją, na przykład: $90^\circ \pm 10'$.
4. **Zasada niezamykania łańcuchów wymiarowych** - Wymiarowanie należy wykonać tak, żeby żadnego z podanych wymiarów nie można było obliczyć z innych podanych wymiarów (rys. 2.7). Zwykle pomija się najmniej ważny wymiar łańcucha. Można jednak w nawiasach podawać wymiary orientacyjne (dopuszczalne) – choć mogą one „zamykać łańcuch wymiarowy” (dolny przykład na rys. 2.7).



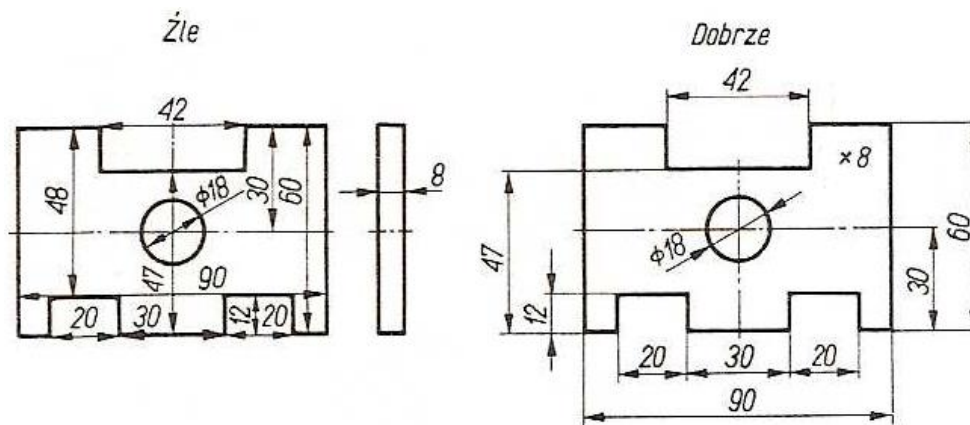
Rys. 2.7 Zasada niezamykania łańcucha wymiarowego

Źródło: PN-ISO-128, opracowano na bazie:

<ftp://ftp.pw.plock.pl/pub/people/wkoper/DLA%20STUDENTOW/RYSUNEK%20TECH/Normy%20rysunkowe/PN-EN%20ISO%20128-20-2002.pdf>

Zasady rozmieszczania wymiarów na rysunkach:

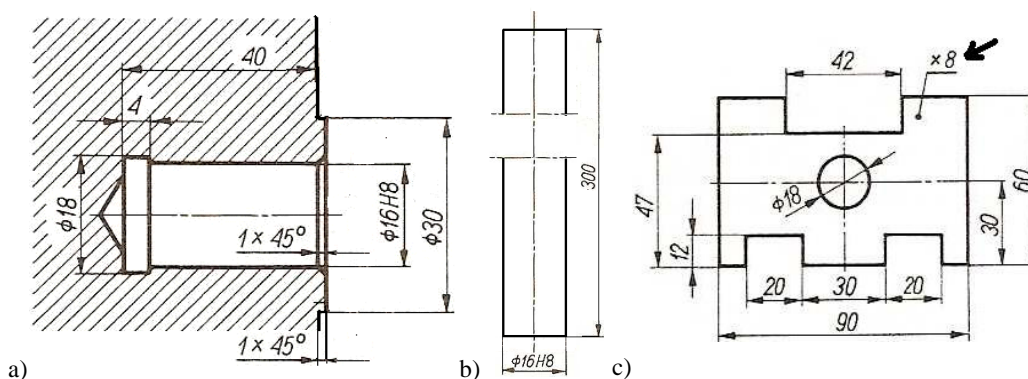
- 1) Wymiary umieszcza się tak, aby jak najłatwiej było je odczytać, patrząc na rysunek od dołu lub od prawej strony. Patrzymy zawsze od strony tabliczki rysunkowej.
- 2) Odstępy między sąsiednimi liniami wymiarowymi powinny być równe.
- 3) Nie wolno używać pomocniczych linii wymiarowych i ich przedłużeń oraz linii rysunkowych jako linii wymiarowych ani też linii wymiarowych jako pomocniczych dla innych wymiarów (rys. 2.8a). W miarę możliwości staramy się umieszczać linie wymiarowe poza zarysem przedmiotu (rys. 2.8b).



Rys. 2.8 Błądne wykorzystanie pomocniczych linii wymiarowych i linii rysunkowych jako linii wymiarowych (po lewo) na rysunku części i poprawny rysunek tej części (po prawo)

Źródło: http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

- 4) Linie wymiarowe nie mogą się przecinać. Linia wymiarowa nie może być przecinana pomocniczą linią wymiarową, odnośnikiem, krawędzią lub linią kreskowania przekroju. W uzasadnionych przypadkach dopuszczalne jest przecinanie się pomocniczych linii wymiarowych. Jednak staramy się tego unikać, z uwagi na czytelność rysunku.
- 5) Wymiary umieszcza się na tych rzutach, na których wymiarowane elementy są najlepiej widoczne (zwykle lepiej jest umieszczać wymiary na przekrojach niż na widokach).
- 6) Linie średnic powinny przecinać się w ich środku.
- 7) Należy unikać odnoszenia wymiarów do linii niewidocznych.
- 8) Należy unikać umieszczania liczb wymiarowych na liniach zarysu przedmiotu, osiach i liniach kreskowania przekrojów. Jeżeli jest to konieczne, to trzeba w miejscach, gdzie mają być napisane liczby wymiarowe lub narysowane groty, przerwać linię rysunku (rys. 2.9a). W przypadku przedmiotów długich można przerwać na rysunku przedmiot, zaś linia wymiarowa może być skrócona, ale nie przerywana (rys. 2.9b). Pomocnicze linie wymiarowe nie ulegają zmianie. Na linii wymiarowej podaje się nominalną wartość wymiaru.
- 9) Jeżeli przedmiot posiada w kierunku prostopadłym do rzutu tylko jeden wymiar (zwykle grubość), to można nie rysować rzutu, lecz podać ten wymiar nad linią odniesienia lub na widoku przedmiotu, poprzedzając go znakiem mnożenia (rys. 2.9c).



Rys. 2.9 Umieszczanie liczb wymiarowych na rysunku

a) w rejonie kreskowania przedmiotu, b) w przypadku przerywanych przedmiotów długich
Źródło: http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

- 10) Wymiary odnoszące się do tego samego elementu przedmiotu należy podawać, o ile jest to możliwe, na tym samym rzucie, wyraźnie je grupując.

3. Rodzaje wymiarowania (szeregowe, równoległe, mieszane)

Wymienione w poprzednim punkcie zasady wymiarowania nie definiują jednoznacznie układu wymiarów na rysunku. Dlatego nie naruszając wspomnianych zasad można dany rysunek wymiarować na kilka sposobów. Zazwyczaj dobiera się sposób, który najlepiej odzwierciedla technologię wykonania rysowanego obiektu. Rozróżniamy następujące rodzaje wymiarowania: szeregowe, równoległe (od wspólnej bazy) oraz mieszane.

Baza wymiarowa jest to element geometryczny przedmiotu (płaszczyzna, krawędź, oś lub środek symetrii lub punkt), względem którego określone jest położenie innych elementów geometrycznych przedmiotu.

Wymiarowanie w układzie szeregowym polega na podawaniu kolejnych wymiarów jeden za drugim (rys. 2.10a). W tej metodzie dokładność każdego wymiaru zależy od położenia sąsiednich elementów.

Wymiarowanie równoległe (od wspólnej bazy) polega na podawaniu kolejnych wymiarów względem ustalonej bazy (na przykład poziomej lub pionowej krawędzi przedmiotu) – rys. 2.10b. W tej metodzie dokładność każdego wymiaru zależy tylko od dokładności samej obróbki, a nie zależy od dokładności innych wymiarów przedmiotu.

Wymiarowanie od wspólnej bazy może być wymiarowaniem od wspólnej bazy:

- a) **konstrukcyjnej** - stosuje się, gdy zależy na podaniu na rysunku tych wymiarów, które mają bezpośredni wpływ na działanie wymiarowanej części w zespole, do którego należy, i na montaż. Na rysunkach części współpracujących, za bazę wymiarową konstrukcyjną należy przyjmować powierzchnię tych części po zmontowaniu. Jest to tzw. wymiarowanie od wspólnej bazy wymiarowej, będące szczególnym przypadkiem wymiarowania od bazy konstrukcyjnej (rys. 2.11a).

Zaletą tej metody są krótkie łańcuchy wymiarowe, co ułatwia analizę wymiarową całego zespołu i wyrobu oraz zwiększa dokładność wykonania części. Drugą zaletą jest podatność na zmiany rysunku części, gdyż zmiany technologiczne nie mają wpływu na wymiarowanie.

Wadą tej metody jest oderwanie od technologii, co zmusza często w przygotowaniu produkcji do przeliczania wymiarów, zacieśniania tolerancji itp.

- b) **obróbkowej** - stosuje się, gdy zależy przede wszystkim na uproszczeniu procesu technologicznego (rys. 2.11b).

Zaletą tej metody jest łatwiejsze uzyskiwanie dokładnych wymiarów części obrabianej. Drugą zaletą jest możliwość zaplanowania przez technologa przebiegu obróbki bez potrzeby przeliczania wymiarów i zacieśniania tolerancji. Innym plusem jest możliwość takiego ustawienia części do obróbki, że budowa uchwytów obróbkowych staje się prostsza i tańsza.

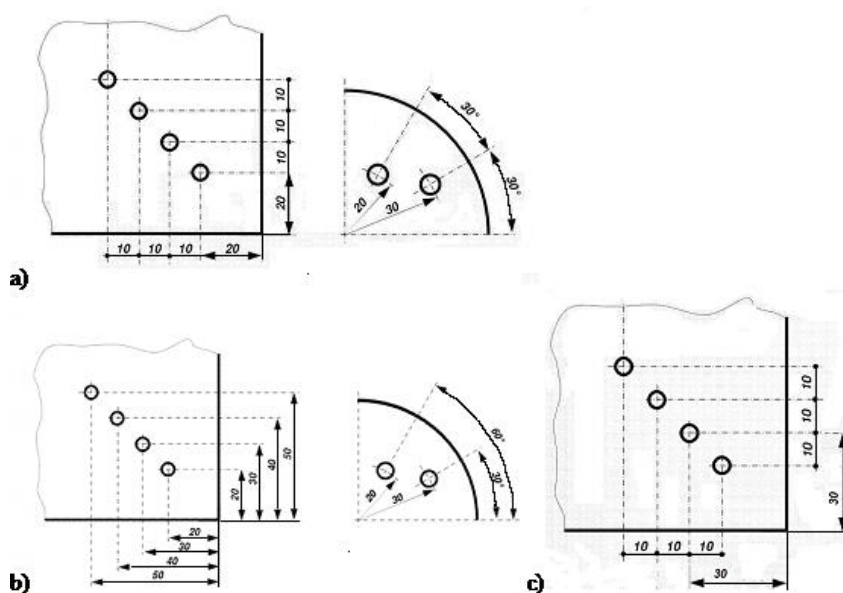
Wadą tej metody jest częsta niezgodność z bazami konstrukcyjnymi.

- c) **pomiarowej** - stosuje się, gdy zależy przede wszystkim na podaniu takich wymiarów, które będzie można po wykonaniu przedmiotu bez trudności sprawdzić (rys. 2.11c). Zazwyczaj bazy pomiarowe pokrywają się z bazami obróbkowymi.

Wymiarowanie od wspólnej bazy może być także wymiarowaniem od wspólnej bazy:

- rzeczywistej** - polega na podawaniu wymiarów od linii rzeczywistych, istniejących bezpośrednio na wymiarowanym przedmiocie. Jest to zalecany sposób wymiarowania (rys. 2.11d).
- wyobrażalnej** - polega na podawaniu wymiarów od linii teoretycznych, nie istniejących bezpośrednio na wymiarowanym przedmiocie (rys. 2.11e). Tego typu wymiarowanie stosuje się tylko w razie konieczności (np. podczas podawania tolerancji względem osi symetrii).

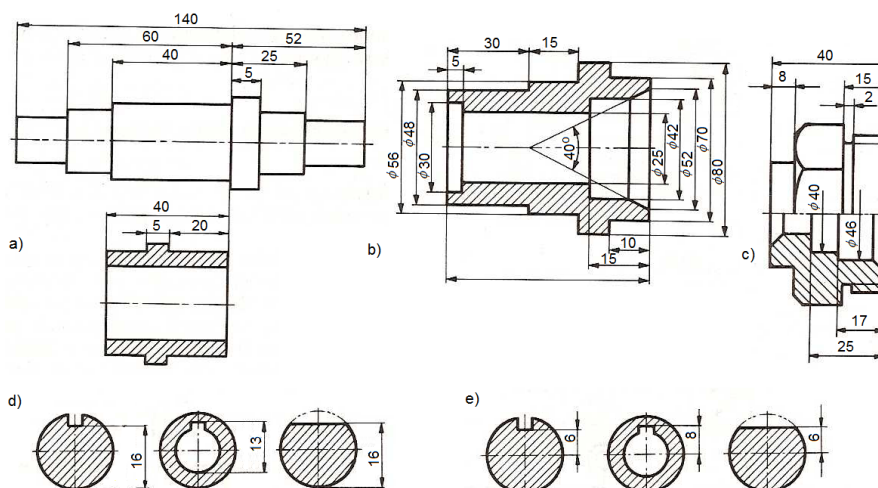
Wymiarowanie mieszane łączy oba sposoby – część wymiarów na rysunku jest wymiarowana szeregowo, część od wspólnej bazy – rys. 2.10c. W tej metodzie dokładność wymiaru może zależeć zarówno od dokładności obróbki, jak i od położenia sąsiednich elementów.



Rys. 2.10 Różne rodzaje wymiarowania

Źródło: PN-ISO-128 dostępność:

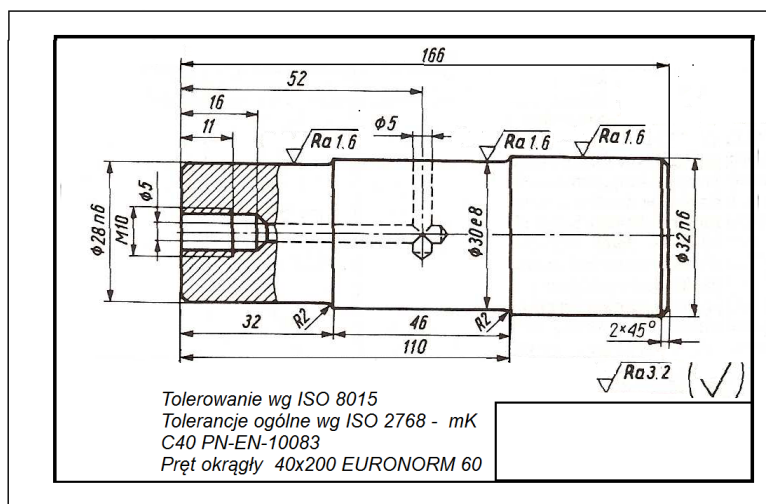
<ftp://ftp.pw.plock.pl/pub/people/wkoper/DLA%20STUDENTOW/RYSUNEK%20TECH/Normy%20rysunkowe/PN-EN%20ISO%20128-20-2002.pdf>



Rys. 2.11 Wymiarowanie od baz

a) konstrukcyjnej, b) obróbkowych, c) pomiarowych, d) rzeczywistych, e) wyobraźalnych
Źródło: http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

Rysunek części, na którym zastosowano wymiarowanie mieszane pokazano na rys. 2.12.



Rys. 2.12 Przykładowy rysunek części, z zastosowanym wymiarowaniem mieszanym

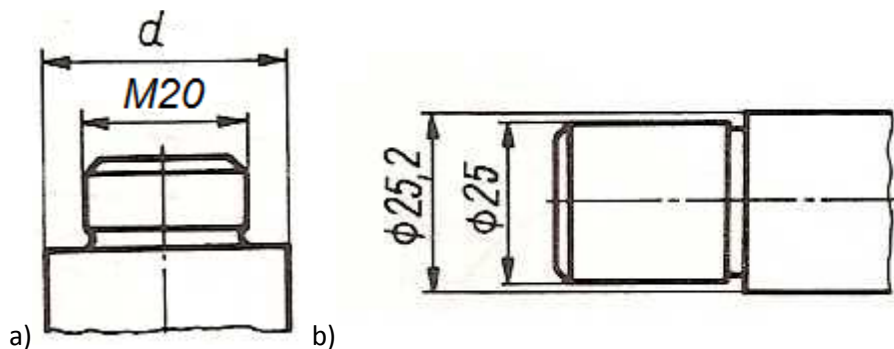
Źródło: http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

4. Zasady wymiarowania promieni i średnic (PN-ISO 129:1996)

Podczas wymiarowania często pojawia się dylemat: czy podać na rysunku średnicę, czy promień? Pewnym rozwiązaniem tej kwestii jest związanie wymiaru ze sposobem jego sprawdzenia poprzez pomiar. Jeśli sprawdzamy na przedmiocie rzeczywistym średnicę, to lepiej podawać na rysunku wymiar średnicowo, a jeśli na przedmiocie sprawdzamy promień, to na rysunku powinniśmy także podawać wymiar promieniowo.

W przypadku wymiarowania średnicy, na linii wymiarowej umieszcza się tekst wymiaru zawierający wartość liczbową wymiaru, poprzedzona znakiem \varnothing , na przykład $\varnothing 20$. Znak ten pomija się gdy wymiar podany jest w postaci symbolu literowego (d) oraz przed oznaczeniem gwintu (na przykład M20) – jak pokazano na rys. 2.13a.

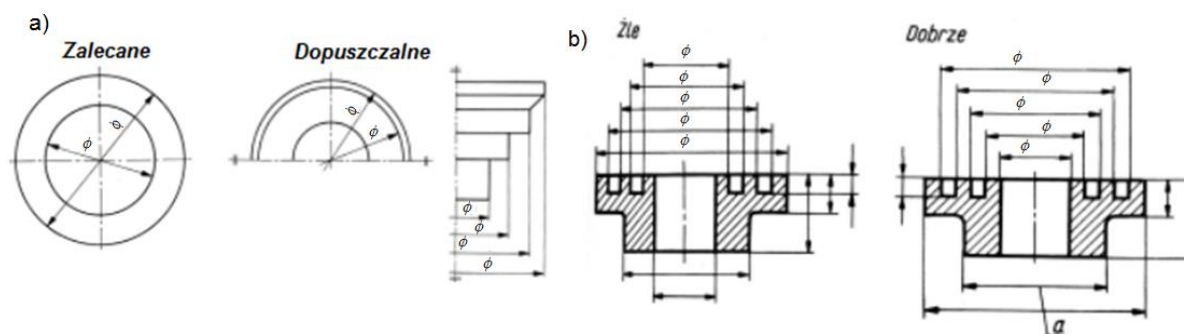
Niewielkie różnice pomiędzy średnicami zazwyczaj są powiększane rysunkowo (rys. 2.13b).



Rys. 2.13 Wybrane przypadki wymiarowania średnicy

Źródło: http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

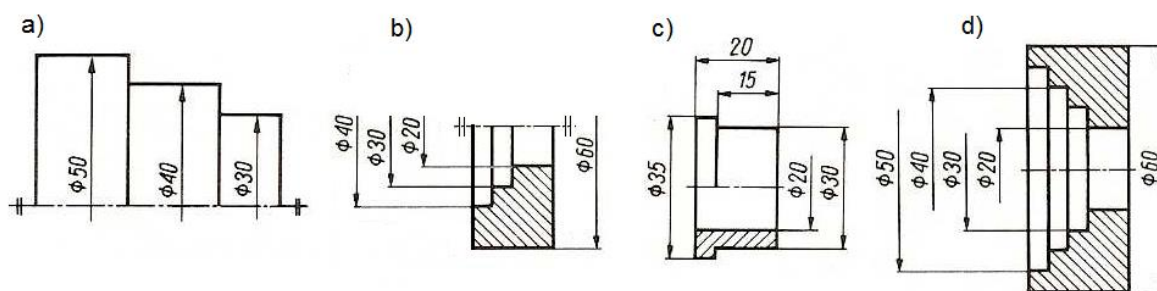
Zalecane wymiarowanie średnic okręgów współśrodkowych w widoku przedstawia rys. 2.14a z lewej strony, zaś po prawej ich wymiarowanie dopuszczalne. Tylko w przypadku wymiarowania okręgów współśrodkowych na widoku lub przekroju linie wymiarowe średnic mogą się przecinać. Część linii wymiarowej bez strzałki musi wystawać poza oś symetrii przedmiotu. Prawidłowe i nieprawidłowe wymiarowanie średnic okręgów na przekroju przedstawia rys. 2.14b. Nieprawidłowe wymiarowanie średnic zazwyczaj dotyczy przecinania linii wymiarowych przez pomocnicze linie wymiarowe.



Rys. 2.14 Prawidłowe i nieprawidłowe wymiarowanie średnic w: a) widoku, b) przekroju

Źródło: http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

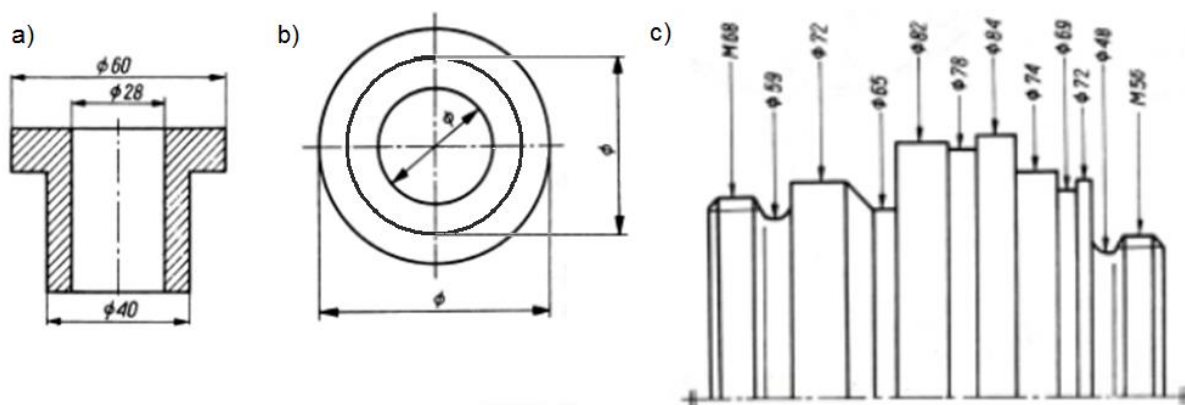
W przypadku wymiarowania półwidoku (rys. 2.15a), półprzekroju (rys. 2.15b) lub półwidoku-półprzekroju (rys. 2.15c) średnice zewnętrzne umieszczane są po stronie widoku, zaś wewnętrzne po stronie przekroju. Strzałka na linii wymiarowej średnicy umieszczana jest wtedy tylko z jednej strony osi (rys. 2.15). Z drugiej strony osi na linii wymiarowej strzałki się nie rysuje, ale linia wymiarowa musi wystawać nieco (8-10 mm) poza wspomnianą oś. W przypadku wielu średnic współśrodkowych okręgów stosuje się przestawnie linie wymiarowe ze strzałkami tylko z jednej strony osi (rys. 2.15d).



Rys. 2.15 Wymiarowanie średnic na a) półwidoku, b) półprzekroju, c) półwidoku-półprzekroju, d) w przypadku wielu średnic

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf> oraz http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

Wymiarowanie średnic tulei kołnierzowej w płaszczyźnie równoległej do osi symetrii przedstawia rys. 2.16a, zaś w płaszczyźnie prostopadłej do osi symetrii rys. 2.16b. Wymiarowanie wału wielosegmentowego przedstawiono na rys. 2.16c. Taka metodę stosuje się w przypadku wymiarowania dużej liczby średnic.



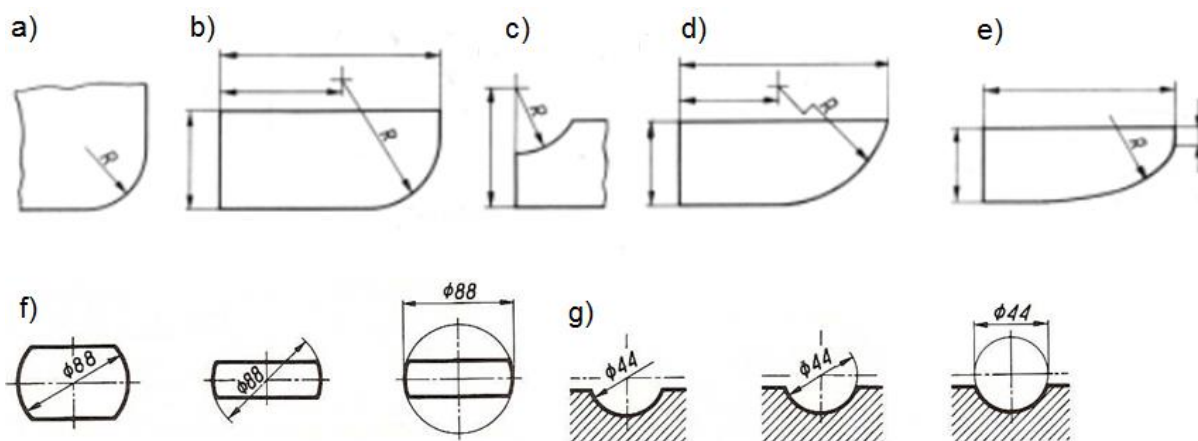
Rys. 2.16 Wymiarowanie średnic tulei kołnierzowej w płaszczyźnie

a) równoległej oraz b) prostopadłej do jej osi oraz wymiarowanie średnic wału wielosegmentowego
Źródło: http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

Różne sposoby wymiarowania promieni łuków przedstawia rys. 2.17, zaś promieni małych łuków rys. 7F. W przypadku wymiarowania promienia, na linii wymiarowej umieszcza się tekst wymiaru zawierający wartość liczbową wymiaru, poprzedzona znakiem R, na przykład R10. Linie wymiarową łuku prowadzi się od środka łuku i zakańcza grotem tylko od strony łuku (rys. 2.17a).

Gdy środek łuku znajduje się w obszarze rysunku, to położenie środka wyznacza się jako punkt przecięcia osi (rys. 2.17b) lub linii pomocniczych wymiarowych (rys. 2.17c). Gdy środek łuku znajduje się poza obszarem rysunku, to należy go przenieść do obszaru rysunku stosując linię wymiarową łamaną jak na rys. 2.17d. Jeżeli nie ma potrzeby wymiarowania środka, to długa linię wymiarową promienia można skrócić (rys. 2.17e).

Średnice powierzchni obrotowych przedstawione na rysunku w postaci niepełnego okręgu wymiaruje się na widoku (rys. 2.17f) lub przekroju (rys. 2.17g) bez uzupełnienia lub po uprzednim uzupełnieniu fragmentu okręgu, przy czym to uzupełnienie jest wykonane linią cienką ciągłą.



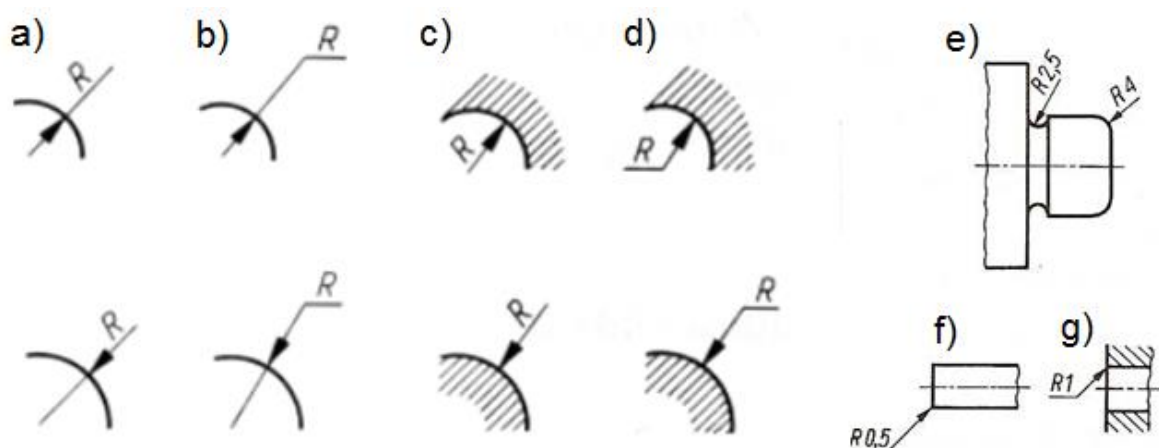
Rys. 2.17 Wymiarowanie promieni łuków

a) - e) oraz średnic segmentów okręgów na: f) widoku, g) przekroju

Źródło: <http://www.jankowskiarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf> oraz

http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

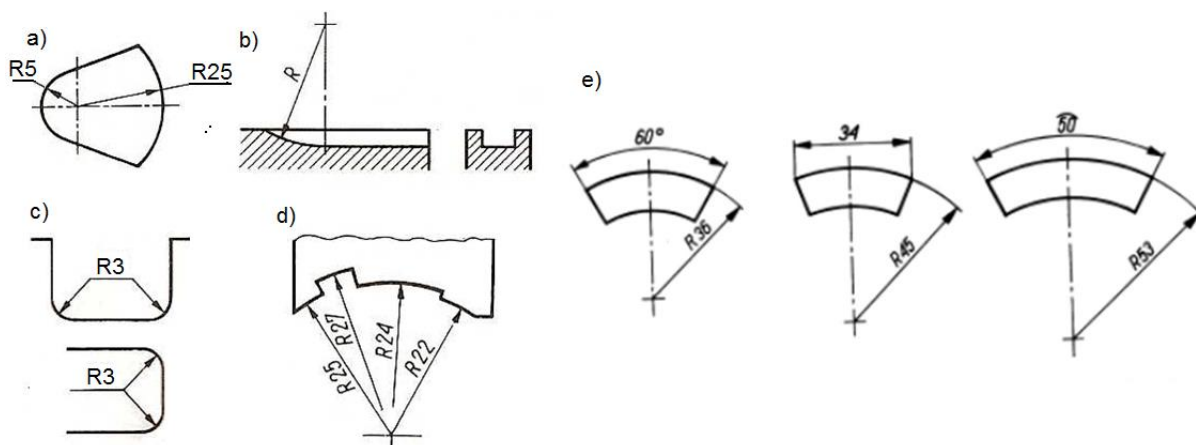
Różne sposoby wymiarowania promieni małych łuków przedstawia rys. 2.18. W przypadku łuku umieszczonego na widoku, jego wymiar może być umieszczany na linii wymiarowej lub jej przedłużeniu (rys. 2.18a) lub na odnośniku (rys. 2.18b). Również w przypadku łuków umieszczanych na przekroju wymiar może być umieszczany na linii wymiarowej (rys. 2.18c) lub na odnośniku (rys. 2.18d). W przypadku wymiarowania promieni podcięć i zaokrągleń krawędzi linie wymiarowe umieszczane są pod pewnym kątem do poziomu. W każdym przypadku linia wymiarowa musi przechodzić przez środek łuku. W przypadku bardzo małych promieni samych łuków na widokach (rys. 2.18f) i przekrojach (rys. 2.18g) się nie rysuje, a jedynie podaje wymiar na odnośniku, który powinien przechodzić przez środek łuku.



Rys. 2.18 Wymiarowanie promieni małych łuków

Źródło: http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

Linie wymiarowe dwóch różnych promieni koncentrycznych nie powinny leżeć na jednej prostej (rys. 2.19a). Przy wymiarowaniu rowków wykonywanych frezem tarczowym, gdy nie zależy na określonej długości wyjścia rowka, wyjście to można zwymiarować podając tylko promień freza (rys. 2.19b). Kilka jednakowych małych promieni można zwymiarować jak na rys. 2.19c, z wykorzystaniem jednego odnośnika. Gdy łuki mają wspólny środek, to można doprowadzić do niego tylko skrajne promienie (rys. 2.19d). Sposoby wymiarowania promieni łuków symetrycznych przedstawia rys. 2.19e. Długość łuku jest podawana poprzez podanie na linii wymiarowej jej wartości, z umieszczonym nad nią symbolem łuku.



Rys. 2.19 Wymiarowanie promieni

a) dwóch łuków współśrodkowych, b) freza, c) kilku małych promieni przy pomocy jednego odnośnika, d) kilku promieni koncentrycznych, e) łuków symetrycznych,

Źródło: <http://www.jankowskimarek.ukw.edu.pl/jankowski/Wymiarowanie.pdf> oraz http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/03_wymiarowanie.pdf

Z uwagi na czytelność rysunku, dobrą praktyką jest umieszczanie średnic i głębokości otworu na jednym rzucie (przekroju osiowym otworu) – jak rys. 2.9, 2.11, 2.12, a wymiarowanie położenia osi otworu na rzucie prostopadłym do tej osi. Położenie równoległych osi otworów również powinno odbywać się na rzucie prostopadłym do tych osi.

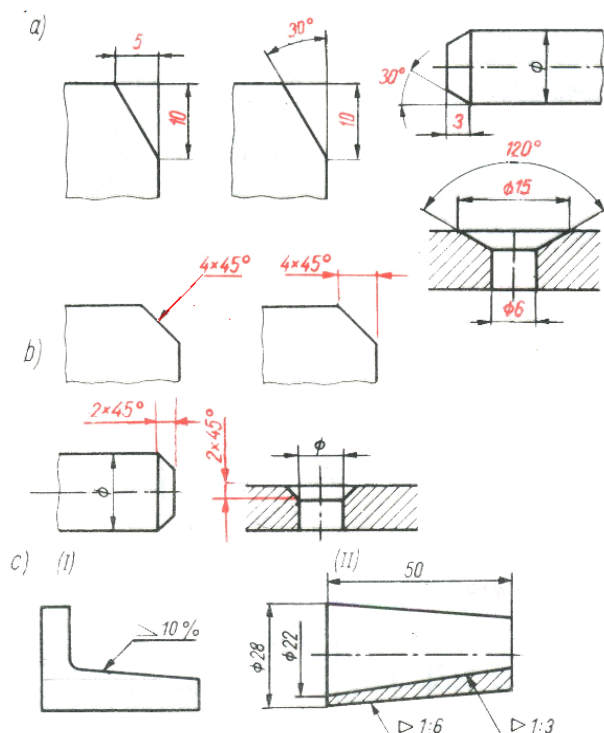
5.Zasada wymiarowania kul, kwadratów i sześciokątów foremnych (PN-ISO 129:1996)

- Sposoby wymiarowania kuli zewnętrznej i wewnętrznej pokazano na rys. 2.20a. Określenie wymiaru powierzchni kulistej może być dokonane przy użyciu symbolu średnicy kuli \varnothing poprzedzonego literą S, na przykład S \varnothing 60 lub przy użyciu symbolu promienia kuli R poprzedzonego literą R, na przykład SR30.
- Wymiarowanie prętów o przekroju kwadratowym może odbywać się za pomocą linii wymiarowej i pomocniczych linii wymiarowych (rys. 2.20b) lub za pomocą linii odniesienia (rys. 2.20c). Jeśli płaszczyzna przekroju kwadratowego jest równoległa lub prostopadła do rzutni, wówczas wymiar kwadratu jest określany przy pomocy pomocniczych linii wymiarowych i linii wymiarowej, nad którą jest umieszczany tekst wymiaru poprzedzony symbolem kwadratu. Jeśli płaszczyzna

kwadratu nie jest umieszczona równolegle lub prostopadle do rzutni, wówczas wymiar kwadratu jest określany za pomocą odnośnika, nad którym jest umieszczany tekst wymiaru poprzedzony symbolem kwadratu.

- Wymiarowanie prętów o przekroju sześciokątnym foremnym (będącymi w istocie graniastosłupami prawidłowymi) za pomocą linii wymiarowej i pomocniczych linii wymiarowych przedstawia rys. 2.20d, a za pomocą linii odniesienia rys. 2.20e. Jeśli boczne ścianki prawidłowego graniastosłupa o podstawie sześciokąta foremnego są prostopadle do rzutni, wówczas wymiar sześciokąta jest określany przy pomocy pomocniczych linii wymiarowych i linii wymiarowej, nad którą jest umieszczany tekst wymiaru poprzedzony symbolem 6<, na przykład 6<19. Jeśli boczne ścianki prawidłowego graniastosłupa o podstawie sześciokąta foremnego nie są umieszczone prostopadle do rzutni, wówczas wymiar sześciokąta jest określany za pomocą odnośnika, nad którym jest umieszczany tekst wymiaru poprzedzony symbolem 6<.
- Wymiarowanie prętów o przekroju prostokątnym (będących w istocie prostopadłościanami) przedstawiają rys. 2.20f – 2.20h. Jeśli ścianki prostopadłościanu są równoległe lub prostopadle do rzutni, wówczas wymiar prostokąta jest określany przy pomocy pomocniczych linii wymiarowych i linii wymiarowej, nad którą jest umieszczany tekst wymiaru (rys. 2.20f). Może być też alternatywnie wykorzystywany odnośnik, nad którym umieszcza się tekst wymiaru (rys. 2.20g i 2.20h). Jeśli ścianki prostopadłościanu nie są umieszczone równoległe lub prostopadle do rzutni, wówczas wymiar prostokąta jest określany na kładzie lub dodatkowym rzucie (widoku lub przekroju prostopadłym do osi pręta), zwykle za pomocą odnośnika, nad którym jest umieszczany tekst wymiaru. Na rys. 2.20f zwymiarowano widok prostopadłościanu za pomocą głównych i pomocniczych linii wymiarowych. Na innych widokach (rys. 2.20g i 2.20h) wymiarowanie zrealizowano w uproszczeniu. Grot linii odniesienia dotyka ścianki elementu. Pierwsza wartość wskazuje krawędź, którego grot dotyka, druga cyfra do niej krawędź prostopadłą. Określenie grubości przedmiotu można dokonać za pomocą linii odniesienia, stosując symbol oznaczania grubości przedmiotu zaznaczonego np. x7 (rys. 2.20i). Wtedy, nie należy przedstawiać elementu na drugim rzucie.

Przykłady wymiarowania pochylenia ścianki odlewu tulei z dwiema powierzchniami stożkowymi pokazano na rys. 2.21c. Wartości zbieżności i pochylenia podaje się w postaci stosunku ($1:[1/C]$; $1:[1/S]$) lub w procentach (promilach).



Rys. 2.21 Wymiarowanie ścięć o kącie

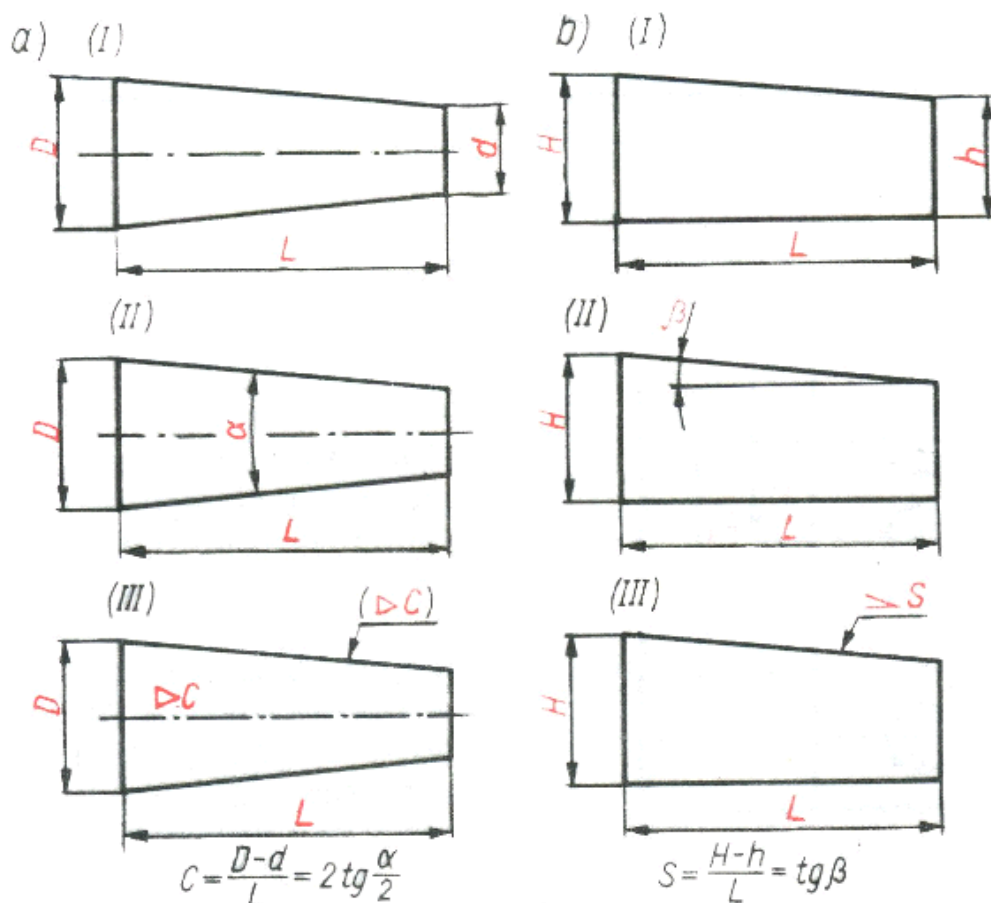
a) rózny od 45°, b) równym 45°, c) pochyłeń odlewniczych,
Źródło: <http://www.warsztat.sltzn.katowice.pl/tkm/teoria/32.pdf>

Stożek wymiaruje się, podając większą średnicę D , długość L oraz mniejszą średnicę d , kąt α lub zbieżność C poprzedzoną odpowiednim znakiem. Podobnie wymiaruje się klin dwustronnie symetryczny (rys. 2.22a). Klin jednostronny wymiaruje się podając większą wysokość H , długość L oraz mniejszą wysokość h , kąt α lub pochylenie S , poprzedzone odpowiednim znakiem (rys. 2.22b).

Wymiarowanie stożka przez podanie obu średnic jego podstawy i długości może być niewskazane, z uwagi na trudności pomiarowe. Można je stosować tylko wyjątkowo, gdy trzeba wprowadzić średnicę teoretyczną podstawy, na przykład, przy występowaniu zaokrągleń. Podobnie niewskazane jest wymiarowanie klina przez podanie obu wysokości i długości, również z uwagi na trudności pomiarowe. Można je stosować tylko wyjątkowo, gdy trzeba wprowadzić wysokość teoretyczną klina, na przykład, przy występowaniu zaokrągleń.

Użycie pochylenia lub zbieżności podczas wymiarowania jest wskazane zwłaszcza dla długich stożków.

Bardzo krótki stożek zewnętrzny można wymiarować podając jego większą średnicę podstawy oraz, podobnie jak w przypadku ścięcia krawędzi, kąt ścięcia i wysokość stożka. Bardzo krótki stożek wewnętrzny można wymiarować podając jego mniejszą średnicę oraz, podobnie jak w przypadku ścięcia krawędzi, kąt ścięcia i wysokość stożka. Można, zwłaszcza w przypadku małych średnic, zamiast kąta ścięcia podać kąt wierzchołkowy tego stożka.



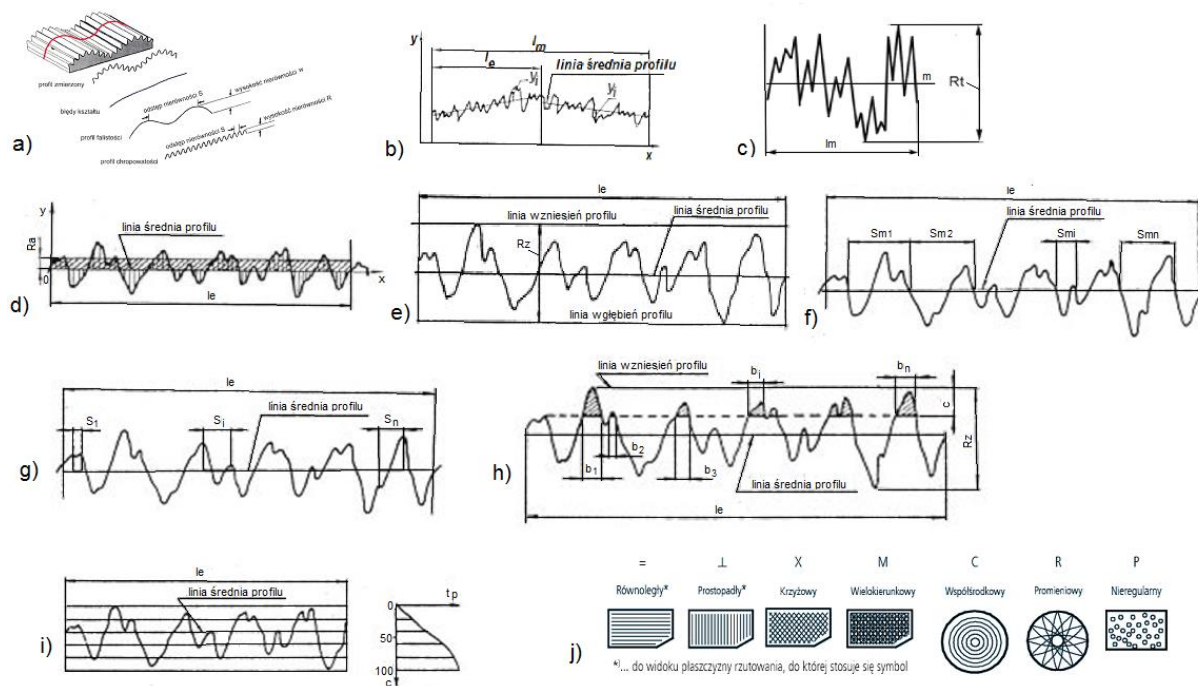
Rys. 2.22 Wymiarowanie a) stożków, b) klinów

Źródło: <http://www.warsztat.sltzn.katowice.pl/tkm/teoria/32.pdf>

7. Podstawowe parametry chropowatości i faliści (Ra, Rz, Rt, Wt) (PN-EN ISO 1302:2004)

Powierzchnia rzeczywista jest granicą oddzielającą dany przedmiot od otoczenia (od innego przedmiotu, substancji lub przestrzeni). Zbiór wszystkich nierówności powierzchni nazywany jest strukturą geometryczną powierzchni (SGP). Strukturę geometryczną bada się w przekrojach powierzchni płaszczyzną do niej prostopadłą (analiza dwuwymiarowa) lub oceniając wybrany obszar powierzchni (analiza trójwymiarowa topografii powierzchni).

Na strukturę geometryczną zmierzonego profilu składają się błędy kształtu oraz profil pierwotny, w którym można wyodrębnić faliść i chropowatość (rys. 2.23a).

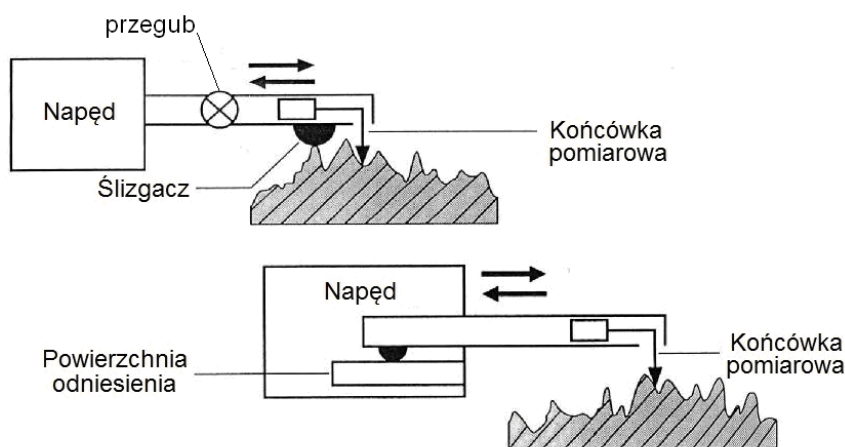


Rys. 2.23 Parametry profilu

Źródło: <http://www.prz.rzeszow.pl/ktwia/download/ins.pom.chrop.pow.pdf> oraz www.simrowcy.kgb.pl/strona/metrolog/cw8-chropow.doc

Systemy pomiarowe struktury geometrycznej powierzchni dzielą się na dwie podstawowe grupy, tj. **systemy profilometryczne** wykorzystujące metody stykowe oraz **systemy optyczne** przeprowadzające pomiar bezstykowy.

Metody profilowe są najdłużej i najczęściej stosowanymi metodami w pomiarach SGP. Ostrze odwzorowujące przemieszcza się po mierzonej powierzchni ze stałą prędkością, mechaniczny powstały na skutek zmiany położenia ostrza w kierunku prostopadłym do kierunku przesuwu zamieniany jest na sygnał elektryczny, który z kolei jest rejestrowany lub poddawany dalszej obróbce. Bazą pomiarową (elementem względem którego określane jest przemieszczenie) może być powierzchnia odniesienia (baza niezależna) lub ślizgacz (baza zależna) (rys. 2.24). Ślizgacz jest zarówno punktem podparcia jak i powierzchnią odniesienia.



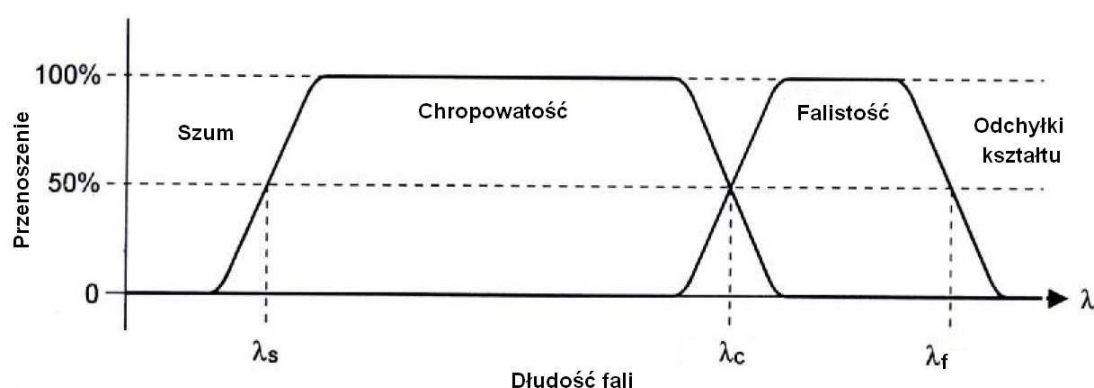
Rys. 2.24 Zasada pomiaru SGP metodą stykową

Źródło: www.prz.rzeszow.pl/ktwia/download/ins.pom.chrop.pow.pdf

Na rysunku technicznym gładkość powierzchni odwzorowywanego przedmiotu określa się za pomocą profilu. Powstaje on w wyniku przecięcia rzeczywistej powierzchni przedmiotu za pomocą pewnej wyobrażonej płaszczyzny. Taka wyobrażona płaszczyzna jest prostopadła do płaszczyzny stycznej do rzeczywistej powierzchni przedmiotu. Profil zmierzony P można uważać jako sumę wielu profili składowych w kształcie sinusoid. Amplituda sinusoidy oznaczana jest jako h , zaś okres jako s .

W celu wyodrębnienia poszczególnych składowych profilu w przyrządach do pomiaru profilu chropowatości, falistości i profilu pierwotnego stosowane są trzy filtry o różnych granicznych długościach fali (rys. 2.25):

- filtr profilu λ_s : wyznacza przejście od chropowatości do składowych o jeszcze mniejszych długościach fal występujących na powierzchni,
- filtr profilu λ_c : wyznacza przejście od chropowatości do falistości,
- filtr profilu λ_f : wyznacza przejście od falistości do składowych profilu o jeszcze większych długościach fal.



Rys. 2.25 Charakterystyki przenoszenia profilu chropowatości i falistości

Źródło: www.prz.rzeszow.pl/ktwia/download/ins.pom.chrop.pow.pdf

Profil falistości powstaje z profilu pierwotnego po oddzieleniu składowych długofalowych za pomocą filtra oraz składowych krótkofalowych za pomocą filtra λ_c . Umownie przyjmuje się, że profil falistości tworzą te nieregularności, dla których stosunek odstępu nierówności s do ich wysokości h zawiera się w przedziale od 50 do 1000.

Profil chropowatości uzyskuje się z profilu pierwotnego po oddzieleniu składowych długofalowych profilu filtrem. Dla profilu chropowatości stosunek s/h przyjmuje się za mniejszy niż 50.

Wspomniane granice stosunku s/h nie są ostre. W praktyce pomiarowej spotykane są tu spore rozbieżności. Najczęściej, jeżeli zachodzi warunek $(400 > s/h > 80)$ to mamy do czynienia z profilem W , nazywanym falistością. Jeśli zaś $(80 > s/h > 5)$ to mamy do czynienia z profilem R , zwanym chropowatością. Są to dwa najważniejsze profile wykorzystywane podczas określania gładkości powierzchni rysowanego przedmiotu. Są one określone za pomocą pewnych parametrów statystycznych (określających losowość położenia i wysokości profilu):

- R_a – Średnie arytmetyczne odchylenie rzędnych profilu R ,
- R_t – Całkowita wysokość nierówności profilu R ,
- R_z – największa wysokość profilu R ,
- W_t – Całkowita wysokość nierówności profilu W .

Wszystkie parametry profilu są określane względem umownie przyjętej linii zwanej **linią odniesienia**. Linia ta ma kształt profilu nominalnego (np. prostej, okręgu, łuku) i jej położenie odpowiada ogólnej orientacji profilu rzeczywistego w przestrzeni.

Parametry profilu dotyczą pewnej ograniczonej długości zwanej **odcinkiem elementarnym** w przypadku profilu R (chropowatości) lub **odcinkiem pomiarowym** w przypadku profilu W (falistości) – rys. 2.25b.

Odcinek elementarny (l_e) to znormalizowana długość linii odniesienia przyjmowana do wyznaczania nierówności charakteryzujących chropowatość powierzchni. Znormalizowane odcinki elementarne wprowadzono w celu eliminacji wpływu błędów kształtu i falistości na położenie linii średniej i wyznaczane wartości parametrów chropowatości. Polska Norma podaje wartości odcinków elementarnych od 0,08 mm (dla pomiaru $Ra < 0,025 \mu m$) do 25 mm (dla pomiaru $Ra > 100 \mu m$).

Odcinek elementarny profilu chropowatości l_r jest liczbowo równy długości fali filtra λ_c .

W przypadku profilu falistości jest definiowany odcinek elementarny falistości l_w . Jest on liczbowo równy długości fali filtra λ_f . Odcinek elementarny falistości l_w nie jest znormalizowany, dlatego czasem przyjmuje się, że jest równy odcinkowi elementarnemu profilu pierwotnego l_p , który z kolei jest równy odcinkowi pomiarowemu l_m .

Długości odcinków elementarnych dla różnych parametrów chropowatości przedstawia tabela 2.2.

$Ra, \mu m$	$Rz, Rz1max, \mu m$	$Sm, \mu m$	l_r, mm
0,006 $\approx Ra$ $\approx 0,02$	0,025 $\approx Rz$ $\approx 0,1$	0,013 $\approx RSm$ $\approx 0,04$	0,08
0,02 $\approx Ra$ $\approx 0,1$	0,1 $\approx Rz \approx 0,5$	0,04 $\approx RSm$ $\approx 0,13$	0,25
0,1 $\approx Ra \approx 2$	0,5 $\approx Rz \approx 10$	0,13 $\approx RSm$ $\approx 0,4$	0,8
2 $\approx Ra \approx 10$	10 $\approx Rz \approx 50$	0,4 $\approx RSm \approx 1,3$	2,5
10 $\approx Ra \approx 80$	50 $\approx Rz \approx 200$	1,3 $\approx RSm \approx 4$	8

Tabela 2.2 Długość odcinka elementarnego l_r w zależności od parametrów $Ra, Rz, Rz1max$ lub Sm

Źródło: www.prz.rzeszow.pl/ktwia/download/ins.pom.chrop.pow.pdf

Odcinek pomiarowy (l_m) – długość odcinka, na którym ocenia się (mierzy) wartości parametrów chropowatości. Odcinek pomiarowy może zawierać jeden lub więcej odcinków elementarnych l (najczęściej 5). Długość odcinka pomiarowego zależy od zakładanej dokładności oceny i rodzaju wyznaczanego parametru.

Linia średnia profilu chropowatości (m) – linia odniesienia dzieląca profil chropowatości tak, że w przedziale **odcinka elementarnego (l_e)** suma kwadratów odchyleń profilu od tej linii jest minimalna (rys. 2.10). $\sum y_i^2 = \min$.

Linia średnia jest wyznaczana niezależnie dla każdego odcinka elementarnego. Zwykle linia średnia dzieli profil tak, iż sumy pól zawartych między tą linią a profilem po obu jej stronach są sobie równe.

Całkowita wysokość nierówności profilu R (R_t) - jest to odległość najwyższego wzniesienia i najniższego wgłębienia mierzonych w obszarze odcinka pomiarowego. Jest bardziej restrykcyjnym parametrem niż parametr Rz (rys. 2.23c).

Całkowita wysokość nierówności profilu W (Wt) - jest to odległość najwyższego wzniesienia i najniższego wgłębienia mierzonych w obszarze odcinka pomiarowego.

Średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowatości (Ra) – średnia arytmetyczna wartość bezwzględnych odchylen profilu y od linii średniej m w przedziale odcinka elementarnego l_e – określone wzorem (3):

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_n| \quad (3)$$

gdzie: $y(x)$ – równanie profilu chropowatości, n – liczba przedziałów w podziale odcinka elementarnego l_e wzdłuż osi x , y_n – wysokość profilu w n – tym przedziale (rys. 2.23d). Interpretacją geometryczną tego parametru jest prostokąt o wysokości równej R_a . PN podaje tablicę wartości liczbowych R_a w zakresie od 400 do 0,008 μm (tab. 3). Wartości liczbowe R_a są ściśle związane ze zużyciem ściernym. Średnie arytmetyczne odchylenie profilu R_a jest parametrem uprzywilejowanym najczęściej stosowanym na świecie. Jest najbardziej stabilnym parametrem profilu chropowatości.

Parametr chropowatości	Wartości liczbowe w μm									
Ra Średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej	0,008	0,01	0,012	0,016	0,02	0,025	0,032	0,04	0,05	0,063
	0,08	0,1	0,125	0,16	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5	0,63
	0,8	1	1,12	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3
	8	10	12,5	16	20	25	32	40	50	63
	80	100	125	160	200	250	320	400		

Tabela 2.3. Wartości parametru Ra

Źródło: <http://home.agh.edu.pl/~kmtmipa/dydaktyka/automatyka/1/tolerancjeipasowania.pdf>

Najwyższa wysokość profilu wysokość chropowatości (Rz) – odległość między linią wzniesień profilu chropowatości, a linią wgłębien profilu w przedziale odcinka elementarnego (rys. 2.23e). Wartość parametru R_z cechuje się dużym rozrzutem, gdyż zależy od położenia ekstremalnych punktów profilu o losowym charakterze i jest uzależniona od długości odcinka elementarnego oraz sposobu filtracji składowych profilu o dużej podziałce. Często jest obliczana jako średnia arytmetyczna z pięciu wartości R_z uzyskanych dla kolejnych odcinków elementarnych l_e wchodzących w skład odcinka pomiarowego l_m .

Jest ona często wykorzystywany do oceny połysku i blasku powierzchni, wytrzymałość powierzchni, podatności powierzchni, siły tarcia, oporu elektrycznego w styku, itp.

Średni odstęp chropowatości S_m – średnia wartość z odstępów chropowatości występujących w przedziale odcinka elementarnego – określony wzorem (4):

$$s_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} \quad (4)$$

gdzie: S_{mi} – odstęp chropowatości tj. długość odcinka linii średniej zawierającego wzniesienie i sąsiadujące z nim wgłębienie profilu (rys. 2.23f).

Jest często wykorzystywany do oceny połysku i blasku powierzchni, jakości powierzchni, siły przyczepności i zachowania powierzchni. PN podaje tablicę wartości liczbowych S_m od 12,5 do 0,002 mm.

Średni odstęp miejscowych wzniesień profilu S – średnia wartość z odstępów miejscowych wzniesień profilu chropowatości występujących w przedziale odcinka elementarnego – określony wzorem (5):

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (5)$$

gdzie: S_i – odstęp miejscowych wzniesień profilu tj. długości odcinka linii średniej między rzutami najwyższych punktów sąsiednich wzniesień profilu chropowatości (rys. 23g). PN podaje tablicę wartości liczbowych S od 12,5 do 0,002 mm.

Współczynnik długości nośnej profilu chropowatości t_p – stosunek długości nośnej profilu chropowatości do odcinka elementarnego – określony wzorem (6):

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} \cdot 100\% \quad (6)$$

gdzie: η_p – długość nośna profilu – określony wzorem (7):

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i \quad (7)$$

tj. suma długości odcinków b_i otrzymanych przez przecięcie profilu chropowatości linią równoodległą od linii średniej w przedziale odcinka elementarnego na określonym poziomie profilu chropowatości (rys. 2.23h). Jest istotny przy określaniu siły tarcia i zużycia powierzchni.

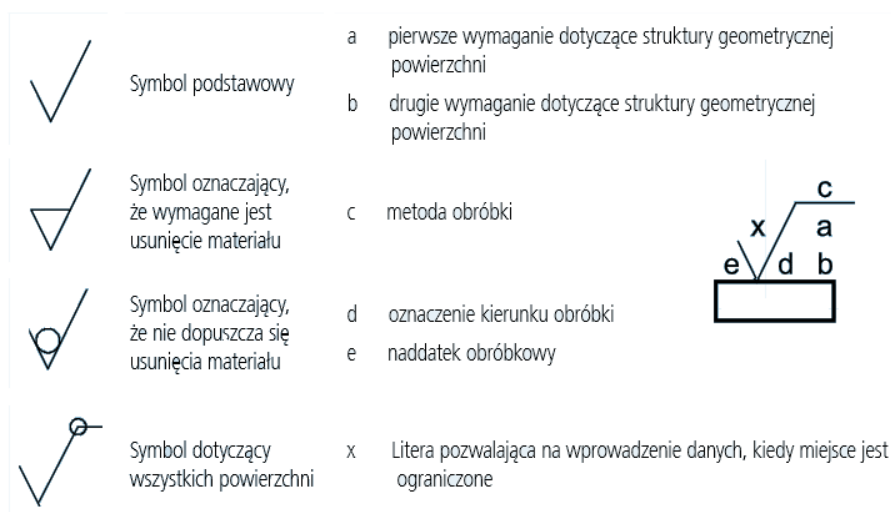
Krzywa nośności profilu chropowatości – przebieg wartości współczynnika długości nośnej profilu t_p w zależności od poziomów przekroju profilu chropowatości (rys. 2.23i) Poziom przekroju profilu chropowatości jest to odległość między linią wzniesień profilu a linią przecinającą ten profil równoodległą od linii wzniesień. Poziom przekroju profilu chropowatości można określać w % z maksymalnej wysokości profilu chropowatości. Jest wykorzystywana przy określaniu siły tarcia i zużycia powierzchni.

Kierunkowość struktury, powstaje najczęściej po przejściu narzędzia ściernego np. freza, ściernicy względem powierzchni przedmiotu, ale nie tylko. Powoduje to, że pomiary chropowatości w dwóch różnych kierunkach mogą dawać bardzo różniące się wyniki. Oznaczenia kierunkowości struktury pokazano na rys. 2.23j.

Zgodnie z PN parametry R_a , R_z , R_m , S_m , S , t_p są parametrami podstawowymi, zaś parametr R_a stosuje się jako uprzywilejowany

8. Części składowe oznaczenia chropowatości (PN-EN ISO 1302:2004)

Oznaczenie chropowatości składa się z kilku elementów i przede wszystkim od rodzaju wykonanej wcześniej obróbki rozpatrywanej powierzchni przedmiotu (rys. 2.26).



Rys. 2.26 Elementy składowe oznaczenia chropowatości

Źródło: http://www.mitutoyo.pl/pdf/Mitutoyo_katalog_pomiary_ksztaltow_2010.pdf

Znak chropowatości, jako pewnego rodzaju wymiar nie może być przecinany przez żadną linię.

9) Umieszczanie oznaczeń chropowatości na rysunku (PN-EN ISO 1302:2004)

Ocena pomiaru chropowatości (PN-ISO 4288:1998).

Ponieważ wartości parametrów chropowatości jak R_a , R_t , R_z , R_{z1max} mogą istotnie zmieniać się na obszarze mierzonej powierzchni, dlatego wynik pojedynczego pomiaru nie zawsze daje wystarczające informacje pozwalające na zaklasyfikowanie wyrobu jako zgodnego z tolerancją lub nie. Norma PN-ISO 4288 załącznik A definiuje zasady pomiaru.

1. Zasada maksimum

Jeśli przy parametrze chropowatości występuje oznaczenie „max” to wykonujemy co najmniej trzy pomiary, w tym jeden w miejscu, gdzie powierzchnia wydaje się mieć najgorszą wartość, lub trzy pomiary równo rozmieszczone dla powierzchni jednorodnej. Wynikiem pomiaru jest najwyższa zmierzona wartość.

2. Zasada 16%

Stosowana jest do parametrów chropowatości bez oznaczenia „max”. Oznacza, że jeśli nie więcej niż 16% wszystkich wartości zmierzonych na jednym odcinku pomiarowym przekracza wartość podaną na rysunku, to powierzchnia uznawana jest za zgodną z wymaganiami.

Przykłady oznaczenia chropowatości pokazano w tabeli 2.4.



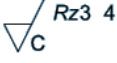
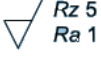
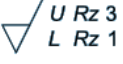
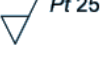
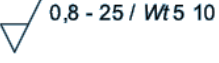
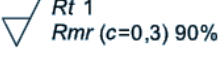

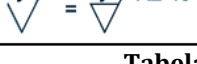
Przykład	Wyjaśnienie
	Niedopuszczalne jest usunięcie materiału w procesie produkcji, tolerancja jednostronna górna, znormalizowane pasmo przenoszenia, profil R , największa wysokość profilu 5 μm , odcinek pomiarowy złożony z pięciu odcinków elementarnych, zasada 16%.
	Powinno się usunąć materiał w procesie produkcji, tolerancja jednostronna górna, znormalizowane pasmo przenoszenia, profil R , największa wysokość profilu 3 μm , odcinek pomiarowy złożony z pięciu odcinków elementarnych, zasada maksimum. Naddatek na obróbkę 0,2 mm.
	Powinno się usunąć materiał w procesie produkcji, tolerancja jednostronna górna, znormalizowane pasmo przenoszenia, profil R , największa wysokość profilu 4 μm , odcinek pomiarowy złożony z trzech odcinków elementarnych, zasada 16%. Ślady obróbki współśrodkowe względem środka powierzchni.
	Powinno się usunąć materiał w procesie produkcji, tolerancja jednostronna górna, znormalizowane pasmo przenoszenia, profil R , zasada 16%, największa wysokość profilu 5 μm , średnia arytmetyczna rzędnych profilu 1 μm .
	Powinno się usunąć materiał w procesie produkcji, znormalizowane pasmo przenoszenia, profil R , zasada 16%, największa wysokość profilu powinna zawierać się pomiędzy 1 μm a 3 μm .
	Powinno się usunąć materiał w procesie produkcji, znormalizowane pasmo przenoszenia dla λ_s bez filtra długofalowego λ_c , profil P , odcinek elementarny równy odcinkowi pomiarowemu, zasada 16%, całkowita wysokość profilu 25 μm , tolerancja jednostronna górna.
	Powinno się usunąć materiał w procesie produkcji, pasmo przenoszenia $\lambda_c=0,8$ do $\lambda_f=125$ mm, profil W , odcinek pomiarowy składa się z 5 odcinków elementarnych $l_n=5 \times l_w=125$ mm, zasada 16%, całkowita wysokość profilu 10 μm , tolerancja jednostronna górna.
	Powinno się usunąć materiał w procesie produkcji, znormalizowane pasmo przenoszenia, profil R , zasada 16%, całkowita wysokość profilu 1 μm , tolerancja jednostronna górna, względny udział materiałowy 90% na poziomie cięcia $c=0,3$, tolerancja jednostronna dolna.
	Powinno się usunąć materiał w procesie produkcji, znormalizowane pasmo przenoszenia, profil R , zasada 16%, średnia szerokość rowków profilu powinna zawierać się pomiędzy 0,1 mm a 0,3 mm.
	Sposób zapisu jeśli na rysunku jest zbyt mało miejsca. Wyjaśnienie znaczenia litery powinno znaleźć się w innym miejscu na rysunku.

Tabela 2.4 Przykłady oznaczania chropowatości

Źródło: http://www.mitutoyo.pl/pdf/Mitutoyo_katalog_pomiary_ksztaltow_2010.pdf

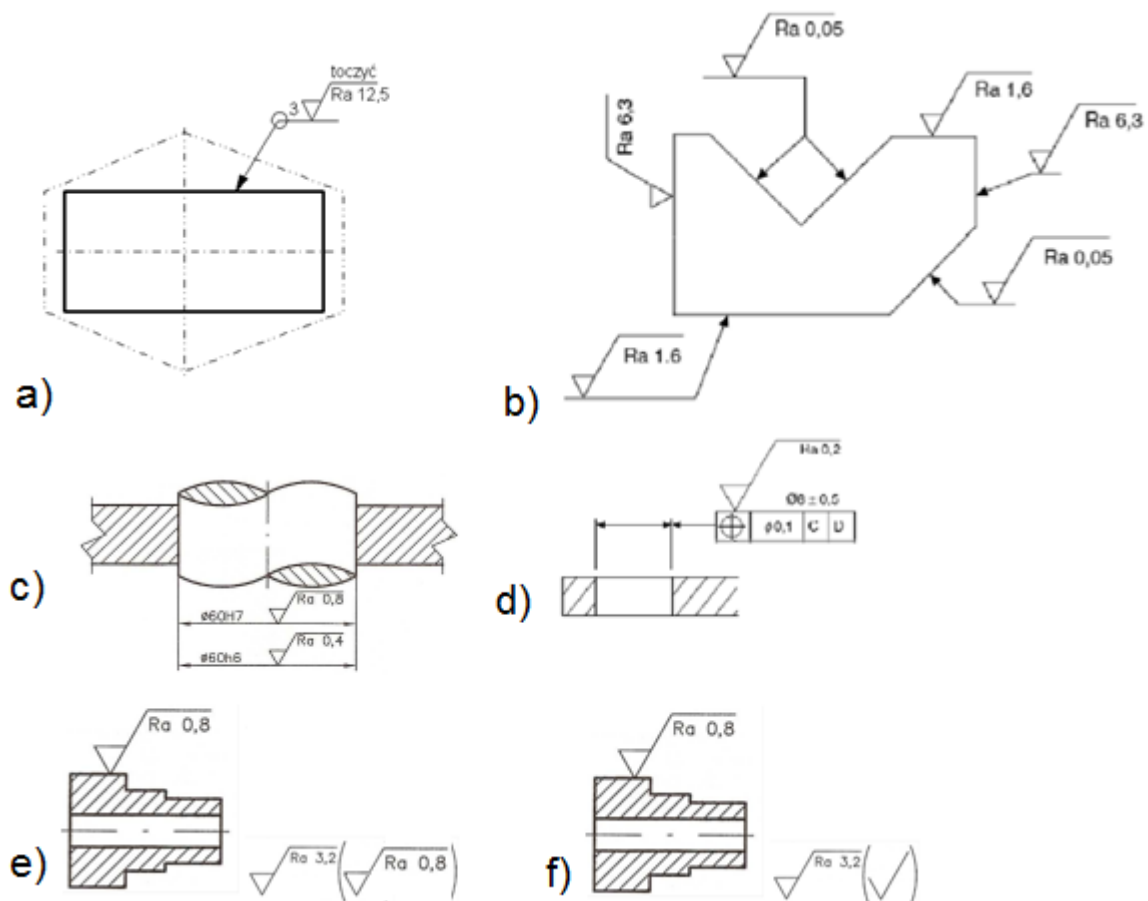
Na rys. 2.27 pokazano różne sposoby zaznaczania parametrów chropowatości na rysunku.

1. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni na pomocniczej linii wymiarowej
2. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni na krawędzi przedmiotu
3. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni nad ramką tolerancji geometrycznej
4. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni, gdy jedno z wartości chropowatości ma się pojawić na rysunku więcej niż jeden raz
5. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni stosując linię odniesienia
6. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni stosując metodę uproszczenia
7. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni widzianej od spodu przedmiotu stosując linię odniesienia
8. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni widzianej z boku przedmiotu przedstawionej na krawędzi przedmiotu
9. oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni która składa się z trzech etapów:

-
- Technical drawing of a shaft with various features and surface finish requirements. The drawing includes the following annotations:
- Feature 1:** FeCr 50 (material), Ra 6,3 (surface finish).
 - Feature 2:** Ra 3,2 (surface finish).
 - Feature 3:** Ra 3,2 (surface finish), 0,02 (tolerance).
 - Feature 4:** Ra 3,2 (surface finish).
 - Feature 5:** Ra 3,2 (surface finish).
 - Feature 6:** \sqrt{a} (surface finish).
 - Feature 7:** Ra 12,5 (surface finish).
 - Feature 8:** Ra 1,60 (surface finish).
 - Feature 9:** Ra 25 (surface finish).
- The drawing also includes a note: $\sqrt{a} = \sqrt{\text{Ra 3,2}}$.

Źródło: http://www.itcimp.pwr.wroc.pl/~rysunek_techniczny/b6/ oraz

27



Rys. 2.28 Sposoby zaznaczania parametrów chropowatości na rysunku technicznym

Źródło: http://www.itcimp.pwr.wroc.pl/~rysunek_techiczny/b6/ oraz http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/04_tolerowanie_i_chropowatosc.pdf

Wartości parametru chropowatości Ra dla różnych rodzajów obróbki wiórowej pokazuje tabela 2.5, a dla bezwiórowej – tabela 2.6.

Rodzaj obróbki		Wartości liczbowe chropowatości Ra w μm											
		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
Cięcie	Nożycami	x	x	x									
	Piłą	x	x	x									
Toczenie i wytaczanie	Zgrubne	x	x	x	x								
	Dokładne					x	x	x					
	Bardzo dokładne								x	x			
Wiercenie	Do średnicy 15 mm				x	x							
	Powyżej średnicy 15 mm			x	x								
Struganie	Zgrubne	x	x	x	x								
	Dokładne					x	x						
	Bardzo do-							x					

	kładne												
Frezowanie cylindryczne	Zgrubne			x	x	x							
	Dokładne						x	x					
Frezowanie czołowe	Zgrubne			x	x								
	Dokładne					x	x						
	Bardzo dokładne							x	x				
	szybkościowe							x	x				
Rozwiercanie	Zgrubne					x	x						
	Dokładne							x					
	Bardzo dokładne								x	x			
Szlifowanie wałków i płaszczyzn	Zgrubne				x	x	x						
	Dokładne							x	x				
	Bardzo dokładne									x	x		
	wewnętrzne						x	x	x	x			
Obróbka ślusarska (piłowanie)				x	x	x	x	x					
Gwintowanie narzynką						x	x						
Gwintowanie nożem	Zgrubne				x	x							
	Dokładne						x	x	x				
Czyszczenie płótnem ściernym								x	x	x			
Polerowanie	Dokładne								x	x	x		
	Bardzo dokładne											x	x
Docieranie	Dokładne									x	x	x	
	Bardzo dokładne												x
Wartości liczbowe chropowatości Ra w μm		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04

Tabela 2.5. Chropowatość powierzchni w zależności od rodzaju obróbki mechanicznej
 Źródło: <http://home.agh.edu.pl/~kmtmipa/dydaktyka/automatyka/1/tolerancjeipasowania.pdf>

[za 9]

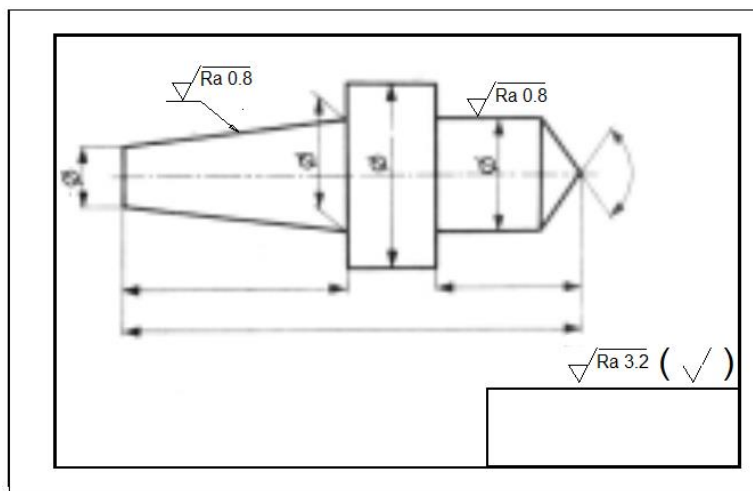
Rodzaj obróbki		Wartości liczbowe chropowatości Ra w μm											
		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
Odlewanie z piasku	Zwykłe	x	x	x									
	Dokładne		x	x	x								
Odlewanie w kokilach	Zwykłe		x	x	x								
	Dokładne					x	x						
Odlewy wtryskowe	Zwykłe					x	x						
	Dokładne							x	x				

Kucie	Zgrubne		x	x	x								
	Zwykłe					x	x						
	Dokładne							x	x				
Prasowanie	Zgrubne		x	x	x								
	Zwykłe					x	x						
	Dokładne							x	x				
Natryskiwanie	Zgrubne					x	x						
	Zwykłe							x	x				
	Dokładne									x	x		
Polerowanie bezwiórowe	Zgrubne									x	x		
	Zwykłe											x	x
Wartości liczbowe chropowatości Ra w μm		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04

Tabela 2.6. Chropowatość powierzchni w zależności od rodzaju obróbki bezwiórowej

Źródło: <http://home.agh.edu.pl/~kmtmipa/dydaktyka/automatyka/1/tolerancjeipasowania.pdf>

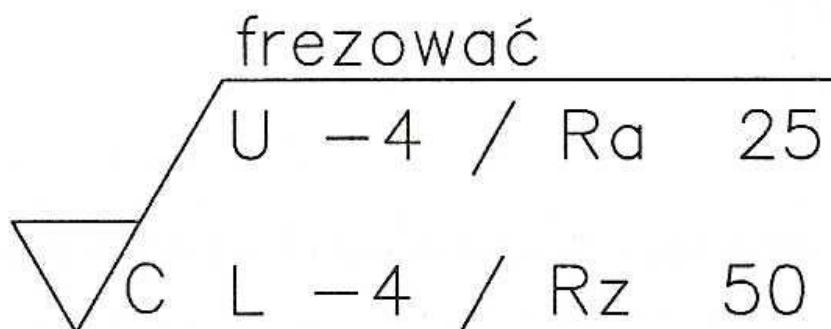
W praktyce dominująca chropowatość powierzchni na rysunku części jest umieszczana nad tabelką rysunkową, z prawej jej strony. Jeśli oprócz tej chropowatości występują jeszcze inne, to znak chropowatości dominującej jest uzupełniany przez stojący za nim znak podstawowy chropowatości umieszczony w nawiasie (rys. 2.29).



Rys. 2.29 Umieszczanie znaku chropowatości na rysunku części

Źródło: <http://home.agh.edu.pl/~kmtmipa/dydaktyka/automatyka/1/tolerancjeipasowania.pdf>

Jeżeli w oznaczeniach podano jedną wartość parametru opisującego chropowatość, to przyjmuje się ją jako górną granicę tego parametru. Jeżeli istnieje potrzeba podania również granicy dolnej, to umieszcza się ją pod granicą górną (rys. 2.30). Aby uniknąć pomyłek z parametrem b opisu struktury, zaleca tu się podawanie liter U (upper) i L (lower), oznaczających odpowiednio granicę górną i dolną. Litera C oznacza tu uzyskanie kierunkowości powierzchni przez obróbkę współśrodkową.



Rys. 2.30 Uwzględnienie w znaku chropowatości dolnej i górnej granicy jego wartości

Źródło: http://www.mitutoyo.pl/pdf/Mitutoyo_katalog_pomiary_ksztaltow_2010.pdf

Bibliografia:

1. Dobrzański T., Rysunek Techniczny Maszynowy, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2013.
2. Poradnik Mechanika pod red. Joachima Potryku, Licencja Europa - Lehrmittel Verlag, Wydawnictwo REA, Warszawa 2012.
3. Mały Poradnik Mechanika, T. I/II, Praca zbiorowa, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2000.

Netografia:

1. Tolerancje i pasowania wymiarów liniowych http://kris.rybnik.pl/mse/download/tolerancje_i_pasowania.pdf
2. Tolerancje wymiarów <http://www.pkm.edu.pl/index.php/tolerancje-i-pasowania>
3. Komputerowy układ tolerancji i pasowań wymiarów liniowych ISO wraz z przykładami i projektem technologicznym <http://pl.static.zdn.net/files/d61/26b66296618fd1b6150e53833418cbda.pdf>
4. Tabele tolerancji http://zip.unit1.pl/download/rpalka/tolerancje_tablice.pdf
5. Tolerowanie wymiarów oraz kształtu i położenia http://pracownicy.uwm.edu.pl/wojsob/pliki/dydaktyka/gigi/04_tolerowanie_i_chropowatosc.pdf